

# LNA de banda ultra-ancha para aplicación en radar de penetración de superficies

Yolanda Jato Llano, Amparo Herrera Guardado, Carmen Pérez Martínez

yolanda.jato@unican.es, amparo.herrera@unican.es

Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria. Plaza de la Ciencia s/n, 39005, Santander, Cantabria.

**Abstract-** A low noise amplifier (LNA) for Ultra-wideband (UWB) applications is presented in this article. A cascode configuration with emitter degeneration has been used in the input stage to obtain wide bandwidth, low noise and good input matching at the same time. The effect of the transmission lines that interconnects the components has been simulated. The LNA covers the frequency band from 6 to 9 GHz with a maximum gain of 15 dB. The noise figure of the LNA is below 5.4 dB in the whole band. The LNA consumes 10.6 mA from two supply voltages of 2 V and 0.84 V. The amplifier was fabricated in a 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS process from UMS and occupies a chip area of 2 x 1 mm including pads.

## I. INTRODUCCIÓN

UWB es una tecnología inalámbrica para la transmisión de datos sobre un gran ancho de banda y con muy baja potencia. La baja densidad espectral limita la interferencia con los sistemas de radio convencionales, y el gran ancho de banda permite un alto rendimiento de datos para los dispositivos de comunicaciones, así como una alta precisión en los dispositivos de localización e imagen. Esta tecnología presenta además la capacidad de transportar señales a través de paredes y otros obstáculos que tienden a reflejar señales para anchos de banda más limitados y de mayor potencia.

Las principales aplicaciones de los sistemas UWB [1] se pueden clasificar en cuatro grupos: Comunicaciones de alta y baja tasa de datos, radar y escáner. Este LNA en concreto está diseñado para formar parte de un receptor de radar de penetración de superficies, que usa las propiedades de los pulsos de RF y microondas para penetrar en el suelo y en la mayor parte de los materiales de construcción no-metálicos. Este tipo de radar puede ser usado para detectar objetos escondidos así como para investigar la composición interna de múltiples estructuras [2]-[3].

En cuanto a la regulación de los sistemas UWB [4], se pueden considerar dos escenarios distintos en cuanto a la definición de las bandas de frecuencia de operación de los dispositivos de banda ultra-ancha. Por un lado, en EEUU la FCC diferencia entre sistemas de interior y exterior, estableciéndose una primera banda de frecuencias por debajo de 960 MHz y otra entre 3.1 y 10.6 GHz. En Europa la ETSI y el CEPT son las organizaciones involucradas en la regulación de UWB y establecen una máscara con dos bandas de operación, una entre 3.1 y 5 GHz y la segunda entre 6 y 9 GHz. En la Fig. 1 se muestra la máscara de emisión correspondiente.

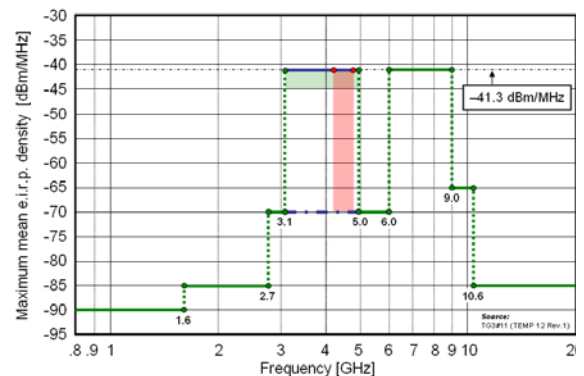


Fig.1. Límite de emisión de los dispositivos de banda ultra-ancha establecido en Europa.

Uno de los mayores retos en los sistemas de comunicaciones de banda ancha es el diseño del amplificador de bajo ruido. Al encontrarse al inicio de la cadena receptora, el LNA debe proporcionar suficiente ganancia y bajo ruido como para mantener la figura de ruido total del receptor lo más baja posible en el ancho de banda de interés.

Las tecnologías de fabricación más usadas en el diseño de circuitos para UWB son SiGe y CMOS, ambas tecnologías de bajo coste pero que ofrecen al mismo tiempo altas prestaciones, siendo ampliamente utilizadas en aplicaciones para comunicaciones inalámbricas como en este caso. Sin embargo, en los últimos años se observa una tendencia más acusada hacia el uso de CMOS debido fundamentalmente a su menor consumo y precio. En este diseño se ha utilizado una tecnología CMOS comercial de la “foundry” UMC que utiliza transistores con 0.18  $\mu\text{m}$  de puerta.

## II. DISEÑO DEL LNA

La topología usada en el amplificador de bajo ruido diseñado es una configuración cascodo de los transistores en una primera etapa, seguida de una etapa de salida en surtidor común para incrementar la ganancia y facilitar una buena adaptación de salida.

Con el uso de la configuración cascodo se consigue obtener un ancho de banda elevado gracias a la reducción de la capacidad de Miller que proporciona esta estructura [5]. En la primera etapa está presente una degeneración de emisor inductiva con el fin de conseguir de manera simultánea baja figura de ruido, alta ganancia y buena adaptación de entrada. Como red de adaptación de entrada [6], se diseña una red

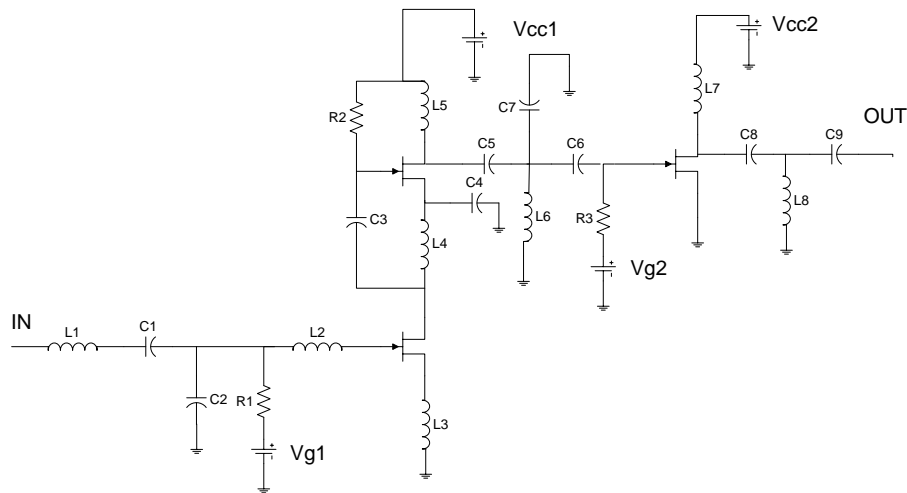


Fig.2. Esquemático del amplificador de bajo ruido.

pasiva compuesta por condensadores y bobinas que hace las veces de filtro paso banda. Además las bobinas L2 y L3 se escogieron para obtener mínima figura de ruido. En la configuración cascode las bobinas L4 y L5 son las cargas de cada amplificador. C3 es el condensador de acoplo, C4 realiza una conexión a tierra en RF en el surtidor del transistor y R2 es la resistencia de polarización de puerta de la etapa.

La adaptación de salida se ha realizado mediante una red pasiva en T formada por los condensadores C8 y C9 y la bobina L8. En la Fig. 2 se muestra el esquemático del amplificador de bajo ruido diseñado.

La tecnología usada en este circuito es la 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS de la “foundry” UMC. Estas tecnologías, que evolucionaron desde la baja hacia la alta frecuencia presentan el inconveniente de que no incluyen el modelo de las líneas de transmisión que interconectan los componentes. Estas líneas, si bien no tienen influencia sobre el comportamiento del circuito a frecuencias bajas, sí que influyen de manera notable a las frecuencias de operación para las que está diseñado este amplificador de bajo ruido.

Las líneas de interconexión se caracterizaron una vez realizado el “layout” del circuito utilizando el simulador electromagnético Momentum de Agilent. Posteriormente se utilizaron técnicas de cosimulación para incluir el efecto de estas líneas en la simulación del circuito completo.

### III. SIMULACIÓN DEL LNA

#### A. Cosimulación.

Las técnicas de co-simulación nos permiten realizar todo tipo de simulaciones (Parámetros S, balance armónico, optimizaciones etc..) a nivel de esquemático usando al mismo tiempo un componente de “layout” con su correspondiente simulación electromagnética. De esta forma, al realizar una simulación del circuito a nivel componente estamos simulando al mismo tiempo, como es nuestro caso, las líneas de interconexión que unen estos componentes pero a nivel de simulador electromagnético así como el plano de masa real que en este caso se encuentra en la metalización M1 del substrato. En la Fig. 3 se presenta el esquemático del circuito

(sin componentes) que se simuló. En azul se muestran las líneas de interconexión sobre un fondo verde que es la capa M1 que forma el plano de tierra. Los componentes se sitúan entre las líneas, por ejemplo entre los terminales 2 y 3 iría colocada la bobina L1, entre 4 y 5 el condensador C1, entre 6, 7 y 8 el transistor de entrada. Se incluyen también los terminales de entrada (1) y salida (2), donde irán conectados los puertos de parámetros S o las fuentes de potencia para la realización del balance armónico, así como aquellos para conectar las alimentaciones como el terminal 9 y las conexiones a tierra como el 10 y el 11.

#### B. Resultados.

El LNA presenta un consumo de 10.6 mA bajo unas tensiones de polarización de 2 V y 0.85 V. La ganancia y la figura de ruido se muestran en la Fig. 4. Como se puede ver, se cubre perfectamente la banda de 6 a 9 GHz, con una ganancia en torno a los 15 dB. En cuanto a la figura de ruido, se mantiene por debajo de 5.4 dB en toda la banda de interés, siendo su valor mínimo de 3.8 dB.

En las gráficas, se han incluido también los resultados de simulación obtenidos sin tener en cuenta el efecto de las líneas de interconexión. Se demuestra que su influencia en el comportamiento del circuito es muy grande. En la Fig. 5 se muestran las adaptaciones de entrada y salida del amplificador que se mantienen por debajo de los -10 dB en toda la banda de interés.

También se han realizado simulaciones de balance armónico para obtener el punto de compresión 1 dB del amplificador de bajo ruido. En la Fig. 6 se muestra la gráfica que relaciona Ganancia-Pout, obteniéndose un P1dB de -11 dBm a la entrada a 6 GHz de frecuencia. El chip ocupa un tamaño de 2 x 1 mm incluyendo los pads. En la Fig. 7 se presenta el layout del mismo, que ha sido mandado a fabricar y se recibirá próximamente.

### IV. CONCLUSIONES

Se ha diseñado un amplificador de bajo ruido para aplicaciones de banda ultra-ancha utilizando la tecnología 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS de UMC. Se han utilizado técnicas de co-

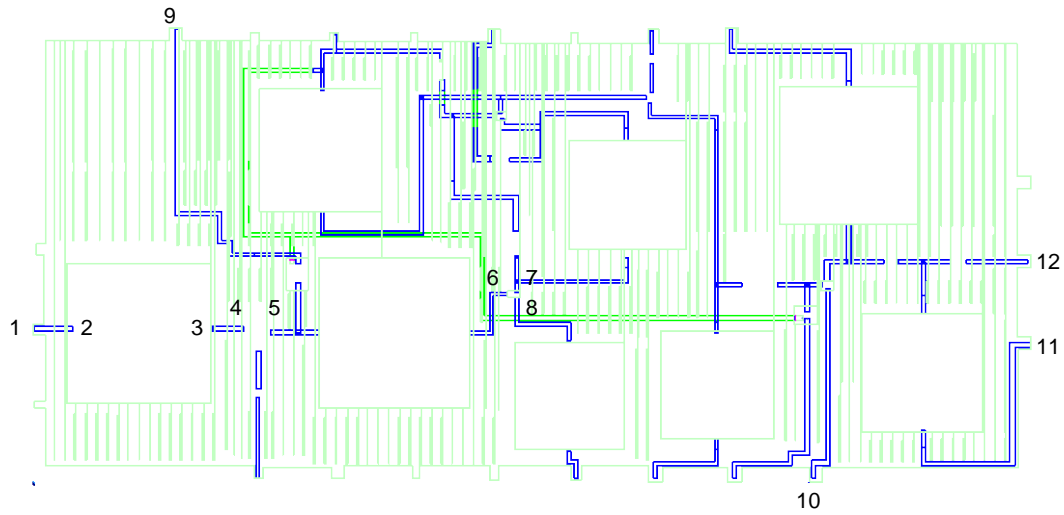
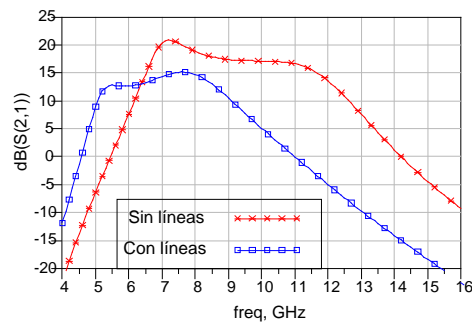
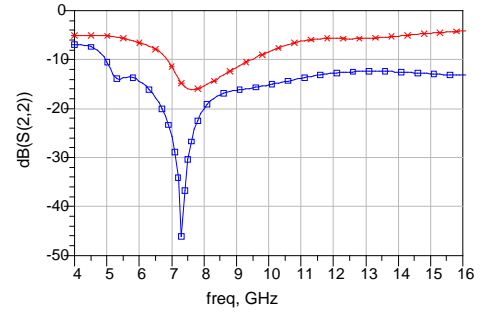


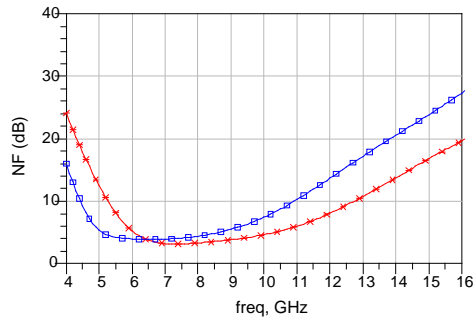
Fig.3. Esquema de co-simulación (sin componentes).



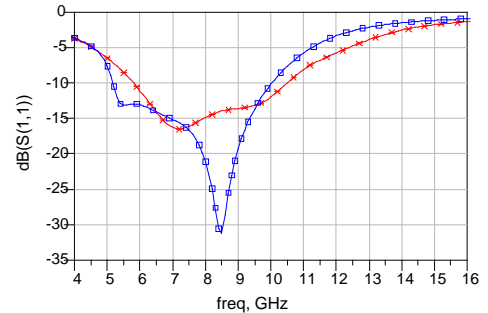
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig.4. Ganancia (a) y figura de ruido (b) del LNA.

Fig.5. Adaptación de salida (a) y de entrada (b) del LNA.

simulación para incluir el efecto de las líneas de interconexión de los componentes en el comportamiento global del amplificador al no disponer esta tecnología de modelo para las líneas de transmisión. Se han obtenido buenos resultados, con una ganancia máxima de 15 dB en la banda de interés que cubre desde 6 GHz hasta 9 GHz. La mínima figura de ruido es de 3.8 dB y el punto de compresión 1 dB es de 1.1 dBm a la salida.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación del proyecto HORFI: Tecnologías de RF para terminales MIMO de banda ultra-ancha, TEC2012-38402-C04-04 del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

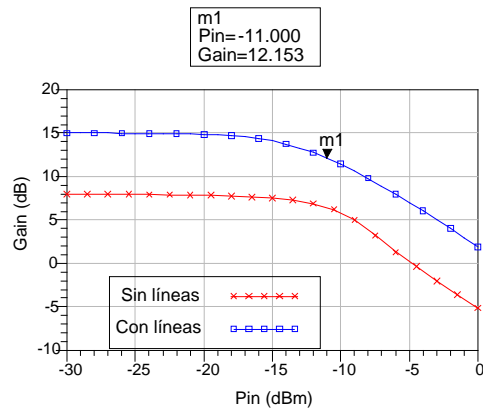


Fig.6. Curva G-Pin del amplificador de bajo ruido.

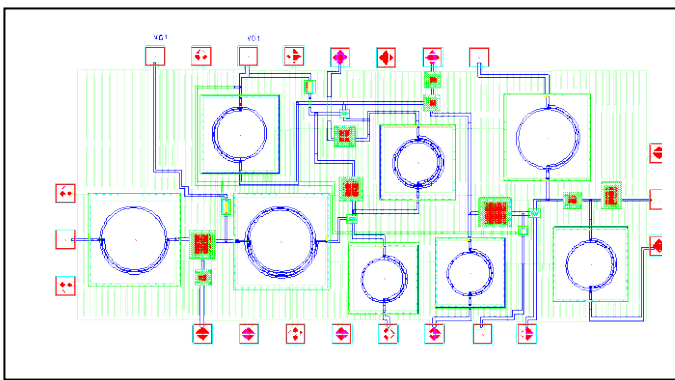


Fig.7. Layout del LNA.

#### REFERENCIAS

- [1] K.Siwiak, D. McKeown, "Ultra-Wideband radio technology," Ed. Chichester, England: Wiley, cop. 2004.
- [2] Wentai Lei; Yi Su; Chunlin Huang; Liye Liu, "A UWB impulse surface penetrating radar system for pavement evaluation," *Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals, 2004 Second International Workshop*, vol., no., pp.195,197, 19-22 Sept. 2004.
- [3] Shengbo Ye; Jie Chen; Lihua Liu; Changchun Zhang; Guangyou Fang, "A novel compact UWB ground penetrating radar system," *Ground Penetrating Radar (GPR), 2012 14th International Conference on*, vol., no., pp.71,75, 4-8 June 2012.
- [4] Hirt, W., "The European UWB Radio Regulatory and Standards Framework: Overview and Implications," *Ultra-Wideband, 2007. ICUWB 2007. IEEE International Conference on*, vol., no., pp.733,738, 24-26 Sept. 2007.
- [5] Shekhar, S.; Walling, J.S.; Allstot, D.J., "Bandwidth Extension Techniques for CMOS Amplifiers," *Solid-State Circuits, IEEE Journal of*, vol.41, no.11, pp.2424,2439, Nov. 2006.
- [6] Hu, R., Yang, M.S., "Investigation of different input-matching mechanisms used in wide-band LNA design," *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, Vol.26, No.2, Feb. 2005.